



Simposio SIRGAS 2014

La Paz, Bolivia. Noviembre 24 - 26, 2014

Marco Geodésico Dinámico Nacional

Max A. Lobo Hernández¹,

Álvaro Álvarez Calderón²

Representantes Nacionales SIRGAS

Instituto Geográfico Nacional

Registro Nacional

Costa Rica

¹Director Instituto Geográfico Nacional ✉: malobo@racsa.co.cr

²Jefe Dpto. de Geodesia y Topografía, IGN, Universidad Nacional ✉: aalvarez.igncr@gmail.com



Contenidos

- Antecedentes
- Vínculo con SIRGAS
- Acciones paralelas
- Acciones a futuro
- Conclusiones



Antecedentes

- El sistema oficial de coordenadas para Costa Rica data del año 2005 y es oficializado en el año 2007 mediante el decreto 33797-MJ-MOPT. Este sistema es la base de los trabajos geodésicos, cartográficos y catastrales que se han generado desde entonces hasta la fecha.
- Al establecer la Red Geodésica Nacional se pretendía implementar una red de estaciones GNSS de medición continua y denominarla red de orden 0, no obstante esto se logró concretar hasta el mes de junio del año 2010 y por los requerimientos de la generación de la cartografía se obvió la red 0.
- Costa Rica, ha sufrido terremotos que se han ocasionado deformaciones de la corteza terrestre y por ende han afectado la información geodésica, topográfica, catastral y la que se derive de esta.



Red Geodésica CR05

- 33 vértices de primer orden.
- 68 vértices de segundo orden.
- Más de 600 vértices entre las diferentes densificaciones.
- CR05: Establecida en el año 2005 en el ITRF2000 en la época 2005,83.

Red GNSS de medición continua

- 8 estaciones y actualmente la administra el IGN.
- Fue vinculada al ITRF05 época 2010.35 y se calcularon coordenadas en el ITRF2000 época 2005.83.
- Funciona desde julio de 2010 y en 2016 se plantea la sustitución de equipos.
- En octubre del 2013 se da de baja la estación CIQU y en agosto de 2014 se reinstala en otro sitio y su nuevo nombre es CIQE.



LIMN



NICY



SAGE



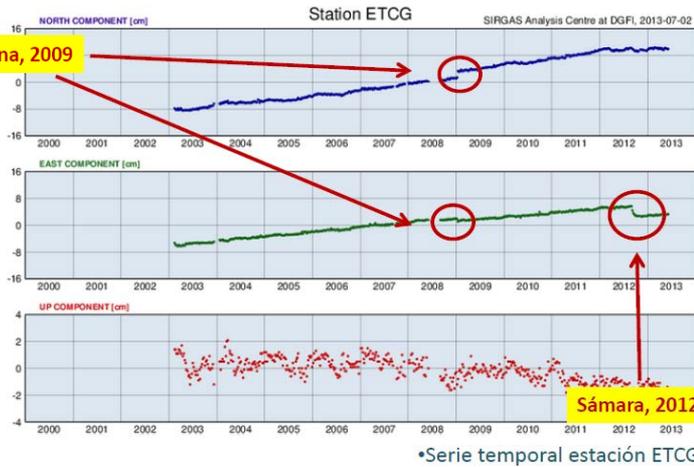
LIBE

NEIL

PUNT

RIDC





http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol18/38_ValverdeMoya_2013_Efectos_terremoto_sept_2012_CostaRica.pdf

| | |
|-----------------------------|---|
| Magnitude | 6.1 |
| Date-Time | Thursday, January 08, 2009 at 19:21:34 UTC Thursday, January 08, 2009 at 01:21:34 PM at epicenter Time of Earthquake in other Time Zones |
| Location | 10.197°N, 84.159°W |
| Depth | 4.5 km (2.8 miles) set by location program |
| Region | COSTA RICA |
| Distances | 30 km (20 miles) NNW of SAN JOSE, Costa Rica 80 km (50 miles) ENE of Puntarenas, Costa Rica 120 km (75 miles) SE of San Carlos, Nicaragua 1770 km (1100 miles) SSW of Miami, Florida |
| Location Uncertainty | Error estimate not available |
| Parameters | NST=222, Nph=223, Dmin=31 km, Rmss=0 sec, Gp= 61°, M-type=regional moment magnitude (Mw), Version=R |
| Source | Seccion de Sismologia, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica |
| Event ID | us2009bpba |

| | |
|-----------------------------|---|
| Magnitude | 7.6 |
| Date-Time | Wednesday, September 05, 2012 at 14:42:08 UTC Wednesday, September 05, 2012 at 08:42:08 AM at epicenter Time of Earthquake in other Time Zones |
| Location | 10.086°N, 85.305°W |
| Depth | 40 km (24.9 miles) set by location program |
| Region | COSTA RICA |
| Distances | 10 km (6 miles) NE of Hojancha, Costa Rica 11 km (6 miles) ESE of Nicoya, Costa Rica 30 km (18 miles) ESE of Santa Cruz, Costa Rica 44 km (27 miles) SW of Canas, Costa Rica |
| Location Uncertainty | horizontal +/- 3.8 km (2.4 miles); depth fixed by location program |
| Parameters | NST=681, Nph=681, Dmin=44.8 km, Rmss=1.18 sec, Gp= 47°, M-type=centroid moment magnitude (Mw), Version=H |
| Source | Magnitude: USGS NEIC (WDCS-D) Location: USGS NEIC (WDCS-D) |
| Event ID | usc000cfsd |

Costa Rica

- 1910 05 04 - Cartago, Costa Rica - M 6.4 Fatalities 700
- [1991 04 22 - Costa Rica - M 7.6](#) Fatalities 47
- [1999 08 20 - Costa Rica - M 6.9](#)
- [2004 11 20 - Costa Rica - M 6.4](#) Fatalities 8
- [2009 01 08 - Costa Rica - M 6.1](#) Fatalities 40

http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/historical_country.php#costa_rica



Red Geodésica CR05

- 33 vértices de primer orden.
- 68 vértices de segundo orden.
- Más de 600 vértices entre las diferentes densificaciones.
- CR05: Establecida en el año 2005 en el ITRF2000 en la época 2005,83.



Vínculo con SIRGAS

ACUERDO ENTRE LA JUNTA ADMINISTRATIVA DEL REGISTRO NACIONAL, Y EL SISTEMA DE REFERENCIA GEOCENTRICO PARA LAS AMERICAS (SIRGAS), PARA FACILITAR LA INFORMACION GENERADA POR LAS ESTACIONES DE MEDICION CONTINUA DEL REGISTRO NACIONAL A LOS CENTROS DE PROCESAMIENTO SIRGAS

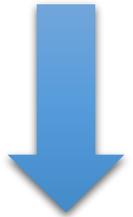
PRIMERA: DEL OBJETO. El presente acuerdo tiene por objeto establecer el marco de relación correspondiente entre LA JUNTA y SIRGAS, para el traslado de insumos y productos. Se entiende por insumos, los datos de observación recolectados por cada una de las ocho estaciones de medición continua que conforman la red geodésica oficial activa, o las que llegasen a existir a futuro, la cual es administrada por el Instituto Geográfico Nacional, así como de estaciones GNSS de otras entidades públicas costarricenses que se integren al sistema nacional de estaciones GNSS. Se entiende por productos, los resultados obtenidos por SIRGAS tras el procesamiento de los mismos, que permiten la actualización la actualización del Marco Geodésico Nacional de Costa Rica.

SEGUNDA: DEL ACCESO A LA INFORMACIÓN. La información que LA JUNTA facilitará a SIRGAS, se trasladará mediante el envío de los datos de observación de cada una de las estaciones en formato RINEX, al repositorio de datos de SIRGAS localizado en el Instituto Alemán de Investigaciones Geodésicas (DGFI de sus siglas en alemán), y/o a los centros de procesamiento de SIRGAS, que ambas partes acuerden.

(...)

Firmado en Ciudad de Panamá el 24 de octubre de 2013

Semana 1803



Nuevas estaciones SIRGAS-CON

En agosto de 2014 se incluyen en **SIRGAS-CON** las siguientes estaciones:

Argentina: MZAU (La Consulta), MZGA (General Alvear), PEJO (Pehuajo), YEMA (Laguna Yema)

Colombia: RUBI (Puerto Gaitán)

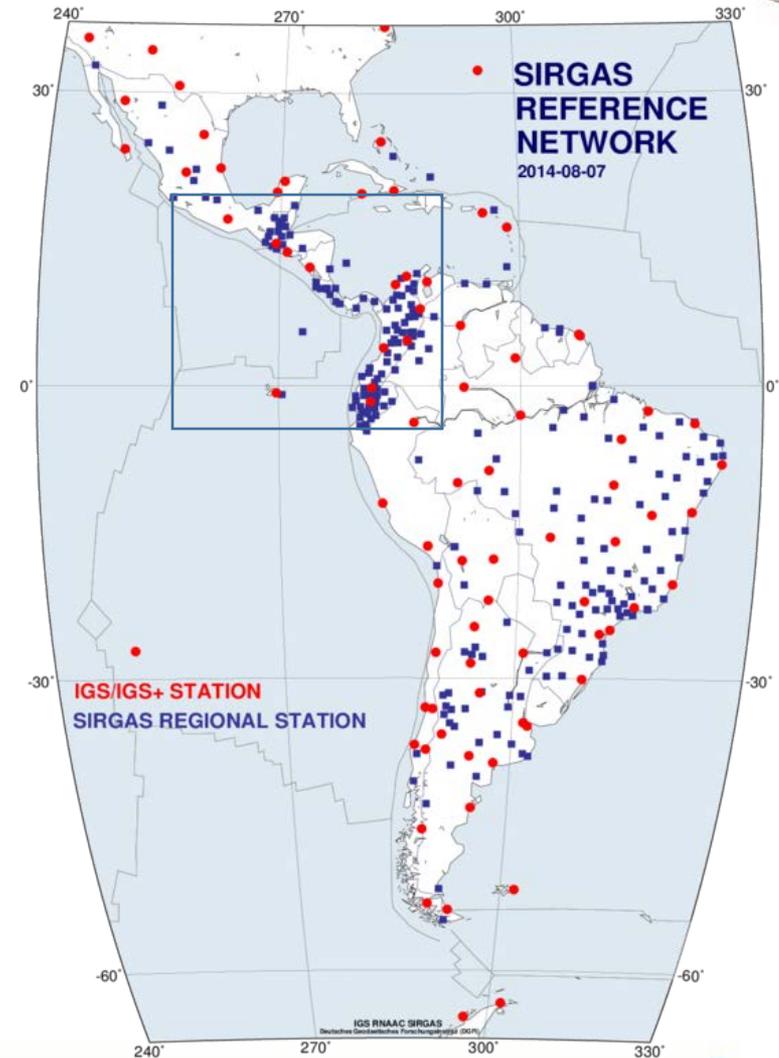
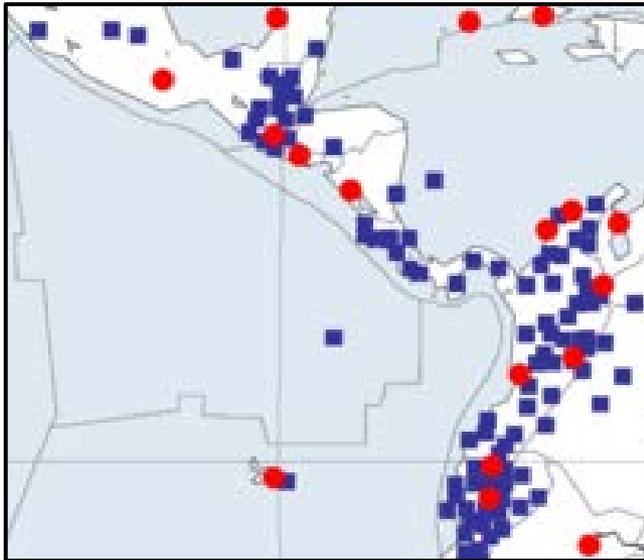
Costa Rica: LIBE (Liberia), LIMN (Limón), NEIL (Ciudad Neilly), NICY (Nicoya), PUNT (Puntarenas), RIDC (Curridabat), SAGE (San Isidro de El General)

<http://www.sirgas.org/index.php?id=15>

Costa Rica: LIBE (Liberia), LIMN (Limón), NEIL (Ciudad Neilly), NICY (Nicoya), PUNT (Puntarenas), RIDC (Curridabat), SAGE (San Isidro de El General)

Semana 1803-SIRGAS

| Estación | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|----------|-------------|--------------|-------------|
| LIBE | 498678.6211 | -6249679.849 | 1168903.034 |
| LIMN | 762717.2865 | -6235556.514 | 1099500.428 |
| NEIL | 774610.2832 | -6258471.557 | 952303.0172 |
| NICY | 497630.8195 | -6259516.915 | 1115789.514 |
| PUNT | 565870.3003 | -6256745.204 | 1098060.792 |
| RIDC | 651566.5815 | -6250735.959 | 1091707.746 |
| SAGE | 690230.8194 | -6256292.403 | 1032020.631 |





Estaciones Nacionales de la Red SIRGAS-CON

- ETCG
- AACR
- CRCP
- ISCO
- LIBE
- NICY
- PUNT
- SAGE
- LIMN
- NEIL
- RIDC
- CIQE

SIMBOLOGÍA
 Estaciones del Registro Nacional





Estaciones del Registro Nacional en la Red SIRGAS-CON

- LIBE
- NICY
- PUNT
- SAGE
- LIMN
- NEIL
- RIDC



SIMBOLOGÍA
 ▲ Estaciones del Registro Nacional

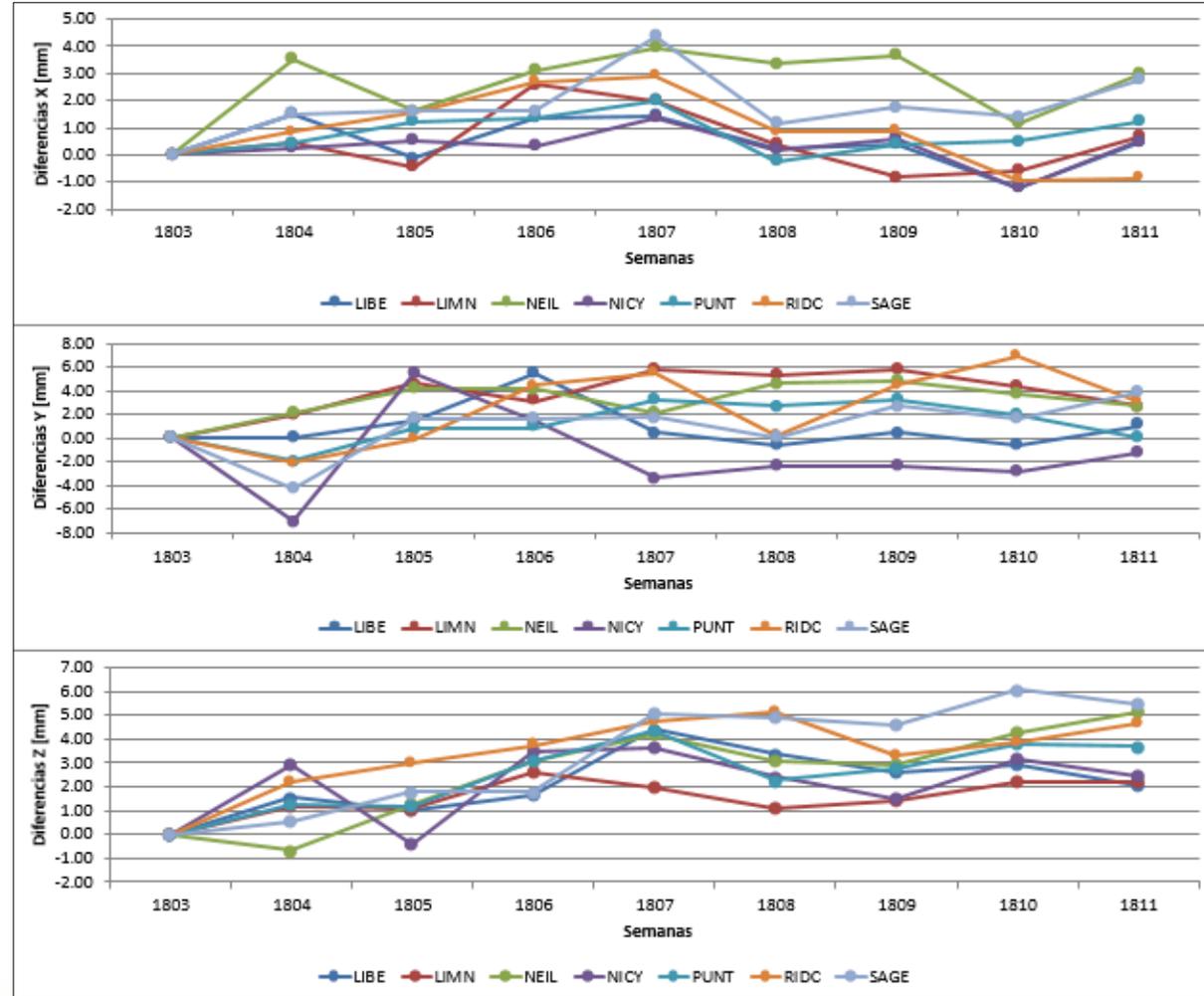
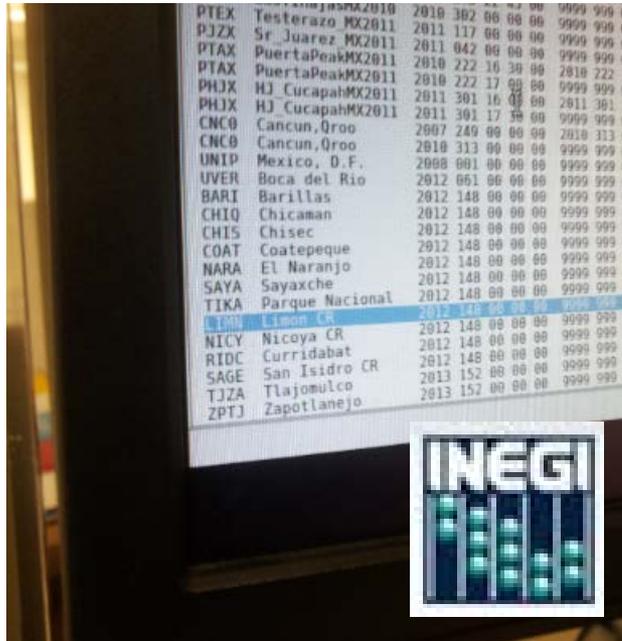




Resultados del procesamiento de las estaciones del Registro Nacional por los centros de procesamiento de SIRGAS.



| Estación | X [mm] | Y [mm] | Z [mm] |
|----------|--------|--------|--------|
| LIBE | 0,49 | 0,98 | 2,44 |
| LIMN | 0,52 | 4,21 | 1,71 |
| NEIL | 2,92 | 3,55 | 2,89 |
| NICY | 0,31 | -1,53 | 2,39 |
| PUNT | 0,86 | 1,36 | 2,79 |
| RIDC | 0,98 | 2,81 | 3,84 |
| SAGE | 2,03 | 1,10 | 3,77 |





Acciones paralelas

- Mediante una contratación para la actualización de la cartografía escala 1:5000 para fines catastrales y dados los últimos terremotos en el país se considera necesario realizar una “Adecuación y Actualización del Marco Geodésico Nacional”
- Esta consiste en realizar la actualización de coordenadas de la red GNSS de estaciones de medición continua (8 estaciones) así como la red geodésica de primer orden. Así como la determinación de velocidades.

Coordenadas actualizadas

Semana 1803-SIRGAS

| Estación | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|----------|-------------|--------------|-------------|
| LIBE | 498678.6211 | -6249679.849 | 1168903.034 |
| LIMN | 762717.2865 | -6235556.514 | 1099500.428 |
| NEIL | 774610.2832 | -6258471.557 | 952303.0172 |
| NICY | 497630.8195 | -6259516.915 | 1115789.514 |
| PUNT | 565870.3003 | -6256745.204 | 1098060.792 |
| RIDC | 651566.5815 | -6250735.959 | 1091707.746 |
| SAGE | 690230.8194 | -6256292.403 | 1032020.631 |

ITRF2008, ÉPOCA 2014.59

Semana 1803-Consorcio

| Estación | X (m) | Y (m) | Z (m) |
|----------|-------------|---------------|--------------|
| CIQU | 609086.5755 | -6246622.9093 | 1135491.7007 |
| LIBE | 498678.6225 | -6249679.8440 | 1168903.0344 |
| LIMN | 762717.2867 | -6235556.5100 | 1099500.4278 |
| NEIL | 774610.2833 | -6258471.5522 | 952303.0174 |
| NICY | 497630.8204 | -6259516.9097 | 1115789.5145 |
| PUNT | 565870.3018 | -6256745.2003 | 1098060.7928 |
| RIDC | 651566.5821 | -6250735.9526 | 1091707.7465 |
| SAGE | 690230.8190 | -6256292.3971 | 1032020.6319 |

Como se puede observar las diferencias encontradas están en promedio por debajo de un milímetro para la componente X y Z; y por debajo de 5 milímetros para la componente Y.

| Estación | dx(mm) | dy(mm) | dz(mm) |
|----------|--------|--------|--------|
| CIQU | | | |
| LIBE | -1.400 | -5.210 | -0.160 |
| LIMN | -0.250 | -4.480 | 0.460 |
| NEIL | -0.140 | -4.900 | -0.200 |
| NICY | -0.870 | -5.610 | -0.270 |
| PUNT | -1.460 | -4.070 | -0.620 |
| RIDC | -0.650 | -6.020 | -0.560 |
| SAGE | 0.420 | -6.050 | -0.550 |



| Estación | X(m) | Y(m) | Z(m) | Sigma x (m) | Sigma y (m) | Sigma z (m) |
|----------|-------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| ALEG | 753369,4843 | -6255021,3732 | 992671,2030 | 0,0078 | 0,0232 | 0,0060 |
| BLAN | 532227,1156 | -6266705,8563 | 1057544,7260 | 0,0071 | 0,0241 | 0,0061 |
| BUVI | 684457,9023 | -6256379,9985 | 1052223,8520 | 0,0035 | 0,0111 | 0,0029 |
| CARI | 636370,2231 | -6245091,2701 | 1129940,1843 | 0,0078 | 0,0264 | 0,0072 |
| CHIE | 577102,4219 | -6234428,2494 | 1212523,9875 | 0,0117 | 0,0463 | 0,0121 |
| CRUC | 619014,9090 | -6233726,9936 | 1195629,1440 | 0,0052 | 0,0157 | 0,0042 |
| DOM2 | 672534,7854 | -6259180,3745 | 1023920,7638 | 0,0051 | 0,0180 | 0,0049 |
| ESTE | 608376,3963 | -6261318,5174 | 1048417,9497 | 0,0072 | 0,0280 | 0,0074 |
| GIGA | 530607,5966 | -6246572,7551 | 1174167,7107 | 0,0109 | 0,0417 | 0,0107 |
| GRAN | 476171,2523 | -6252649,6951 | 1162458,5684 | 0,0067 | 0,0233 | 0,0055 |
| LAUR | 779339,5382 | -6261248,5933 | 929834,4924 | 0,0065 | 0,0196 | 0,0052 |
| LIM1 | 762799,7736 | -6236131,0629 | 1096131,1496 | 0,0050 | 0,0158 | 0,0043 |
| LUCI | 526386,2402 | -6255432,1220 | 1125230,9623 | 0,0094 | 0,0364 | 0,0094 |
| MAGO | 467363,4135 | -6246263,5548 | 1198737,8928 | 0,0068 | 0,0321 | 0,0090 |
| MANO | 803869,4567 | -6237196,5030 | 1060367,5531 | 0,0057 | 0,0210 | 0,0048 |
| MINA | 727330,2008 | -6233718,0588 | 1133086,3235 | 0,0084 | 0,0289 | 0,0066 |
| MONT | 567116,3909 | -6251729,6594 | 1132946,0370 | 0,0096 | 0,0393 | 0,0093 |
| SAR2 | 655696,5166 | -6238713,3866 | 1149294,2723 | 0,0076 | 0,0226 | 0,0056 |
| SARA | 476249,8774 | -6264243,7708 | 1097811,8007 | 0,0090 | 0,0358 | 0,0096 |
| SIRE | 704387,8898 | -6269439,3770 | 934362,0390 | 0,0063 | 0,0243 | 0,0058 |
| TAM2 | 459208,0479 | -6259144,3265 | 1133436,9374 | 0,0066 | 0,0242 | 0,0057 |
| TERE | 699927,6709 | -6227250,4392 | 1184383,5568 | 0,0048 | 0,0146 | 0,0038 |
| TUR1 | 690525,0185 | -6246146,2038 | 1091168,6804 | 0,0068 | 0,0213 | 0,0058 |
| UPA5 | 544905,0507 | -6240077,7923 | 1198392,4882 | 0,0102 | 0,0434 | 0,0135 |
| VERA | 628881,4701 | -6240229,1619 | 1156278,2881 | 0,0054 | 0,0180 | 0,0045 |
| VITO | 772557,5056 | -6256576,9247 | 972368,3300 | 0,0096 | 0,0353 | 0,0104 |
| VIZU | 673835,0587 | -6249402,6052 | 1098336,5274 | 0,0029 | 0,0090 | 0,0023 |

Red Geodésica CR05

- Se realizó una actualización de la red pasiva a la misma época correspondiente con la semana 1803.



El procesamiento de los datos se realizó con el software Gamit-Block y se consideraron estaciones de la red SIRGAS-CON.

| 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|------|------|------|------|------|
| 1582 | 1623 | 1670 | 1722 | 1775 |
| 1583 | 1625 | 1675 | 1726 | 1779 |
| 1585 | 1628 | 1679 | 1730 | 1782 |
| 1588 | 1632 | 1681 | 1732 | 1787 |
| 1594 | 1637 | 1687 | 1737 | 1792 |
| 1596 | 1641 | 1690 | 1741 | 1796 |
| 1600 | 1646 | 1699 | 1745 | 1799 |
| 1604 | 1650 | 1700 | 1750 | 1803 |
| 1608 | 1653 | 1707 | 1753 | |
| 1613 | 1657 | 1712 | 1757 | |
| | 1661 | 1715 | 1761 | |
| | 1666 | 1717 | 1766 | |
| | | 1720 | 1769 | |
| | | | 1772 | |

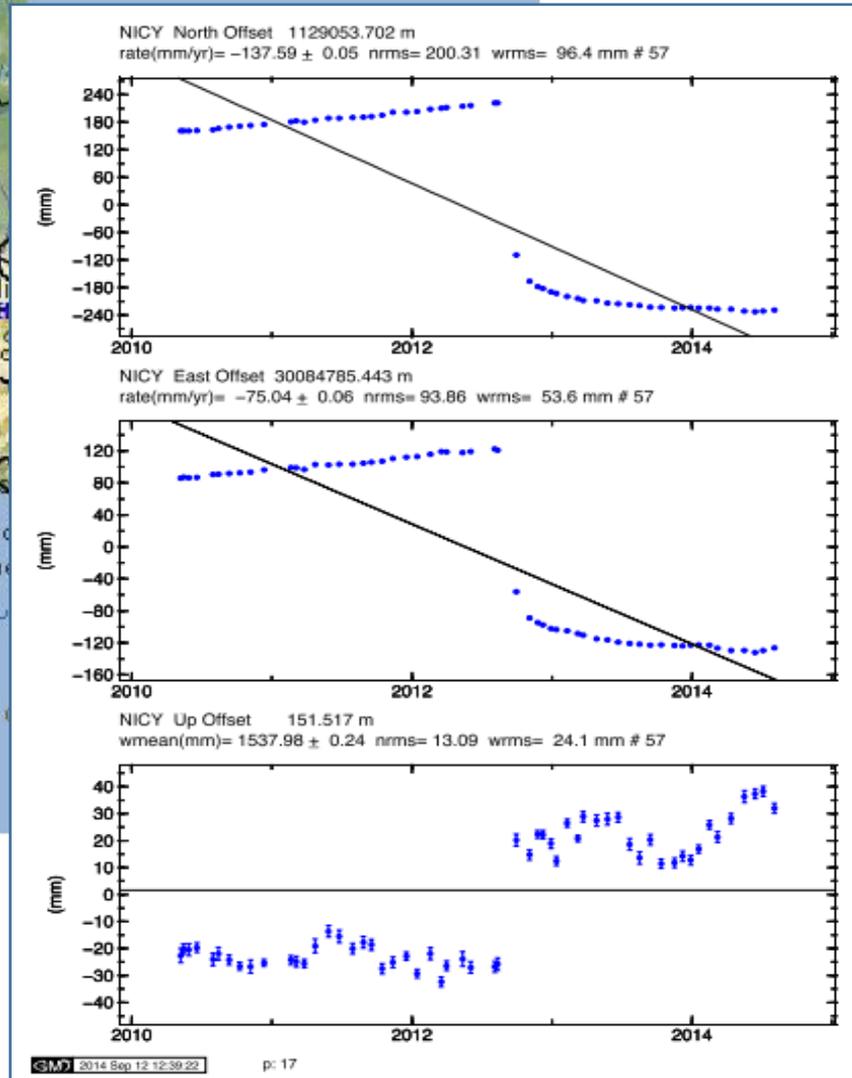
| Estación | Ubicación | País | Organismo |
|----------|------------------|----------------------|---------------------------------|
| BOGT | Bogotá | Colombia | IGAC-IGS-SIRGAS |
| CRO1 | St. Croix VLBA | Islas Vírgenes. EEUU | JPL-IGS-SIRGAS |
| TEGU | Tegucigalpa | Honduras | IGS-SIRGAS |
| GLPS | Galápagos | Ecuador | JPL-IGS-SIRGAS |
| MANA | Managua | Nicaragua | INETER-IGS-SIRGAS |
| RIOP | Riobamba | Ecuador | IGS- Instituto Geofísico-SIRGAS |
| SCUB | Santiago de Cuba | Cuba | CNAIS-IGS-SIRGAS |
| ISCO | Isla del Coco | Costa Rica | UNAVCO-SIRGAS |
| MERI | Mérida | México | IGS-RGNA |
| SAMA | Santa Marta | Colombia | IGS-IGAC-SIRGAS |

La serie de tiempo corresponde con 57 semanas en total (poco más de un año a lo largo de los 5 años) y que representan un 25% de los datos disponibles para ser procesados



| Estación | Horizontal (mm) | Dirección del desplazamiento 2D | Cambio en el componente up (mm) |
|-------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| CIQU | 58,8 | 239,7° | 0,5 |
| GRZA | 680,5 | 219,8° | 463,5 |
| LAFE | 87,9 | 202,9° | 12,7 |
| LIBE | 202,5 | 198,7° | -36,9 |
| NEIL | 1,9 | 38,1° | 5,6 |
| NICY | 308,1 | 206,3° | 50,5 |
| PUNT | 103,6 | 236,9° | -14,8 |
| RIDC | 16,5 | 265,8° | 11,5 |
| SAGE | 2,7 | 301,6° | 8,1 |
| SAJU | 471,6 | 232,5° | 439,2 |

http://www.sirgas.org/fileadmin/docs/Boletines/Bol18/38_Valverde_Moya_2013_Efectos_terremoto_sept_2012_CostaRica.pdf



Cambio en la serie de tiempo de la estación NICY conforme a contratación 2014



Acciones a futuro

- Una primera acción en tiempo presente es la experimentación para usar la corrección diferencial mediante NTRIP usando el Caster experimental de SIRGAS de la Universidad Nacional de Rosario en Argentina.
- Se requiere realizar un cambio en el decreto del sistema de referencia actual que facilite los cambios en nuevas definiciones del Marco Geodésico Dinámico Nacional.
- Actualización de los equipos y crecimiento en dos estaciones más.
- Utilizar estaciones GNSS de otras instituciones en las actividades geodésicas del país vinculadas a la red SIRGAS-CON.
- Establecer un centro de procesamiento de datos GNSS en el IGN esto conforme al numeral quinto del Acuerdo: *establecimiento de un centro de procesamiento en el registro nacional.*



Estaciones Nacionales de la Red SIRGAS-CON

▲ 11 ESTACIONES

▲ + 1

Otras estaciones

● 17 ICE

● 26 UNAVCO

Total

• 55 ESTACIONES

SIMBOLOGÍA
▲ Estaciones del Registro Nacional



Conclusiones

- El Sistema CR05 como sistema oficial es un producto caduco, que debe ser objeto de cambio por un marco geodésico sostenible en el tiempo y por ende se migra a un Marco Geodésico Dinámico Nacional.
- El aporte de SIRGAS mediante la red SIRGAS-CON y los centros de procesamiento es sin duda la solución requerida al problema de la desactualización de las coordenadas y la detección del cambio de las velocidades y direcciones en las series de tiempo.
- Se cuenta en Costa Rica con la infraestructura tecnológica y capacidad humana para mejorar la calidad de los datos geodésicos.
- Se debe trabajar en la soporte jurídico en el cambio del Marco así como en los métodos, rutinas informáticas y procedimientos para brindar a los usuarios el uso adecuado del sistema.



Todos jalando en sincronía, buscando avanzar en la misma dirección.

Muchas Gracias por su atención.